

TRANSPORTADORES DE CINTA

Segunda Parte

Ing. Roberto Salvadeo

A. Ancho de Correa y Velocidades

La potencialidad media, es según lo visto:

$$Q \text{ (t/h)} = S \text{ (m}^2\text{)} \cdot v \text{ (m/s)} \cdot \gamma_a \text{ (t/m}^3\text{)} \cdot 3600 \text{ (s/h)} \cdot f \cdot \varphi$$

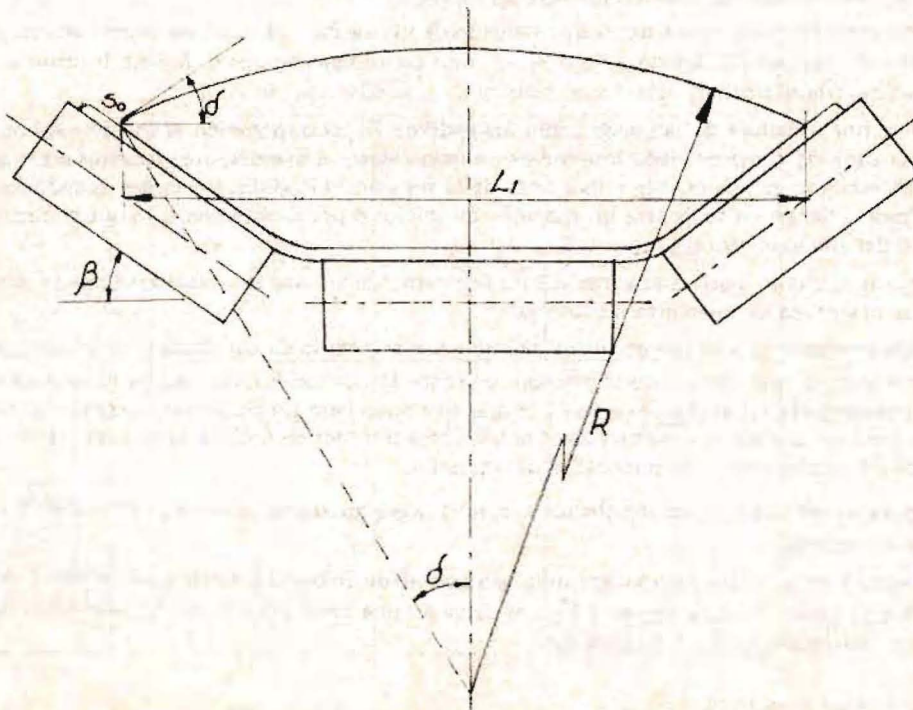
La sección $S = f(B, \beta, \delta)$ es en función de sus variables; para el caso de rodillos triplex iguales:

$$S = \left[\frac{B}{3} (1 + \cos \beta) - s_0 \cdot \cos \beta \right] \left(\frac{B}{3} - s_0 \right) \cdot \sin \beta + \frac{\pi}{180} \cdot \delta^\circ \cdot R^2 - \frac{R}{2} \cdot \cos \delta \cdot L_1$$

En la que: $s_0 = 0,54 \cdot (1,08 B + 0,050)$ (m)

$$L_1 = \frac{B}{3} + 2 \left(\frac{B}{3} - s_0 \right) \cdot \cos \beta$$

$$R = \frac{L_1}{2} \cdot \sin \delta$$



En la tabla adjunta se dan valores de S (m^2). Para distintos anchos de cinta, debiendo cuidarse al adoptar valores elevados de β , estos sean compatibles con la rigidez de la cinta. En lo referente a la velocidad de transporte, se propone el uso de la siguiente expresión para los valores superiores de la misma.

$$V_{\max} = f_m \cdot \left(4,7 - \frac{0,9}{B \text{ (m)}} \right) \quad (\text{m/s})$$

f_m = factor que depende del tipo de material siendo sus valores:

0,75 a 1	Para materiales livianos no abrasivos: cereales, polvos, trozos de madera, productos vegetales, etc.
0,70	Para materiales poco abrasivos en trozos pequeños $\gamma a < 1,6$
0,60	Materiales moderadamente abrasivos en terrones medianos $\gamma a < 2,5$
0,50	Materiales pesados, abrasivos en terrones o trozos grandes

En lo referente a f_ϕ se adopta:

$$f_\phi = \cos^3$$

B. Resistencias

Durante el proceso de proyecto y cálculo de los transportadores de cinta, es de importancia prioritaria la determinación del momento y esfuerzo motriz necesario para el accionamiento del equipo. Como consecuencia, podemos determinar los esfuerzos o tensiones sobre la cinta. Con ellos, es posible la selección del sistema de mando, el cálculo de los elementos constituyentes, y las características de la correa.

Conviene destacar que los factores determinantes del esfuerzo motriz son muchos e interrelacionados, por lo que el método de cálculo que seguidamente expondremos, de precisión limitada, es suficiente en la gran mayoría de los casos.

Si bien hay factores que no aparecen explícitamente en las fórmulas, se harán evaluaciones sobre su naturaleza y efectos, lo que permitirá una buena determinación cuantitativa de los mismos.

1. Resistencia por rozamiento en rodillos y rolos - F_1

Ella involucra:

- Resistencia a la rodadura de los rodillos bajo la carga total de material y elementos móviles (correa, parte móvil de los rodillos superiores e inferiores, etc.)
- Resistencia por fricción en el sistema de retención de los rodillos. Nunca bien ponderada su importancia, el proyectista debe obligarse a no utilizar sino cierre laberínticos o de baja fricción al crecer la capacidad del transportador.
- Resistencia por rodadura de la banda sobre los rodillos. Especial atención al uso de rodillos engomados, cintas con capa de goma del lado interior de elevado espesor o blandas, etc., factores estos que representan un incremento relativamente importante de la resistencia. Rodillos portantes económicos, como los hiperboloides, tienen en su contra un rozamiento adicional por deslizamiento, lo que implica un aumento sustancial del efecto en estudio.

En los retornos, y con materiales adhesivos no debidamente limpiados o rascados (pastas, arcillas húmedas), se magnifica también esta resistencia.

- Resistencia al avance ocasionada en forma indirecta por el cambio de configuración del estrato de material entre la cima que representa el paso por una estación de rodillos de carga, y el valle intermedio, (con el consiguiente ensanche del canal), lo que trae aparejado un trabajo de rozamiento. Influyen en forma decisiva la distancia entre estaciones, la carga por metro de cinta, altura del estrato, tensión de la cinta y lógicamente las características del material.

A la suma de las resistencias por los efectos a, b, d, le designaremos como F_{1r} (resistencia por rozamiento en los rodillos).

La resistencia F_{1r} se evalúa de manera simplista a través de un coeficiente de roce ficticio f que representa la fuerza necesaria para mover 1 Kg. de carga en una cinta horizontal. El peso total que carga sobre los rodillos superiores e inferiores será:

$$(q_m + 2q_c + q_e) \cdot L$$

En consecuencia:

$$F_{1r} = f \cdot (q_m + 2q_c + q_e) L \cdot \cos \varphi$$

En los casos normales de cintas lisas sin nervios o paletas, en las que φ es como límite de 18° a 20° y para capacidades no mayores de 1000 (ton/h) se hace $\cos \varphi = 1$, con lo que:

$$F_{1r} = f \cdot L \cdot (q_m + 2q_c + q_e)$$

Coefficiente de roce f

Los valores de f se encuentran comprendidos entre 0,012 y 0,038, con un valor medio de 0,023.

Este valor medio es correcto en transportadores cargados entre un 70% a un 110% de su capacidad nominal, con rodillos a 30° , diámetros de 100 a 150 mm., juntas laberínticas, velocidades de transporte no mayores de 4 m/seg., materiales con coeficientes de roce intermedios, grupos de rodillos superiores distantes entre 1,10 y 1,50 m, y rodillos de retorno cada 2,50 a 3 m. Las condiciones de mantenimiento son moderadamente buenas.

Los valores de f pueden incrementarse en forma importante (hasta 0,035 y más) cuando se den algunas de las condiciones siguientes:

- * Uso de cierres no laberínticos, especialmente retenes de goma.
- * Mal mantenimiento de los rodillos.
- * Mala alineación del transportador.
- * Inclinación de rodillos $\beta > 30^\circ$.
- * Temperaturas ambientes extremadamente bajas (usar lubricantes especiales).
- * Rodillos de pequeño diámetro.
- * Rodillos engomados o en espiral, hiperboloides, etc.
- * Velocidades mayores de 4,5 m/seg.
- * Recubrimiento o espesor de goma interior A2 excesivo, o gomas muy blandas.
- * Tensión de la correa escasa.
- * Otras condiciones adversas a la operación de cojinetes, como trabajo a la intemperie, ambientes con elevada cantidad de polvo abrasivo o humedad, etc.

Debe destacarse que los valores que adoptaremos, no serán los de estreno del equipo (que son bajos, y que durante un primer período de asentamiento pueden bajar aún más), sino los de un tiempo de funcionamiento normal prolongado.

Tomando en cuenta todo lo antedicho, proponemos el uso de los valores de f de la siguiente tabla:

f		Condiciones de Diseño, Construcción e Instalación		
		Optimas	Medias	Deficientes
Condiciones Operativas Ambiente - Mantenimiento	Favorables	0,012	0,016	0,020
	Normales	0,020	0,023	0,028
	Adversas	0,025	0,030	0,038

VALORES DE S EN m²

B mm	α	20°	25°	30°	35°	40°	45°
450	0°	0.0081	0.0099	0.01154	0.0129	0.0142	0.0152
	10°	0.0114	0.0130	0.0145	0.0158	0.0168	0.0176
	20°	0.0147	0.0162	0.0176	0.0187	0.0195	0.0202
	30°	0.0183	0.0196	0.0208	0.0217	0.0224	0.0228
500	0°	0.0104	0.0127	0.0147	0.0165	0.0182	0.0195
	10°	0.0145	0.0167	0.0185	0.0202	0.0215	0.0225
	20°	0.0188	0.0208	0.0224	0.0238	0.0249	0.0257
	30°	0.0233	0.0251	0.0266	0.0277	0.0286	0.0290
550	0°	0.0130	0.0158	0.0184	0.0207	0.0226	0.0243
	10°	0.0181	0.0208	0.0231	0.0251	0.0268	0.0281
	20°	0.0234	0.0258	0.0279	0.0297	0.0310	0.0320
	30°	0.0290	0.0312	0.0330	0.0344	0.0355	0.0361
600	0°	0.0159	0.0194	0.0224	0.0252	0.0276	0.0296
	10°	0.0220	0.0253	0.0282	0.0306	0.0326	0.0342
	20°	0.0285	0.0315	0.0340	0.0361	0.0377	0.0389
	30°	0.0352	0.0379	0.0402	0.0419	0.0432	0.0439
650	0°	0.0186	0.0231	0.0269	0.0302	0.0330	0.0354
	10°	0.0264	0.0303	0.0337	0.0366	0.0390	0.0409
	20°	0.0341	0.0377	0.0407	0.0433	0.0452	0.0466
	30°	0.0422	0.0454	0.0481	0.0502	0.0512	0.0525
700	0°	0.0225	0.0273	0.0317	0.0356	0.0390	0.0417
	10°	0.0312	0.0357	0.0398	0.0432	0.0460	0.0482
	20°	0.0402	0.0444	0.0480	0.0509	0.0532	0.0548
	30°	0.0497	0.0535	0.0566	0.0591	0.0608	0.0618
750	0°	0.0260	0.0310	0.0370	0.0415	0.0454	0.0486
	10°	0.0363	0.0416	0.0463	0.0503	0.0536	0.0560
	20°	0.0468	0.0516	0.0558	0.0593	0.0619	0.0638
	30°	0.0577	0.0622	0.0659	0.0687	0.0707	0.0719
800	0°	0.0300	0.0365	0.0420	0.0479	0.0523	0.0560
	10°	0.0410	0.0479	0.0533	0.0579	0.0617	0.0646
	20°	0.0539	0.0595	0.0643	0.0682	0.0713	0.0735
	30°	0.0666	0.0717	0.0759	0.0791	0.0814	0.0828
850	0°	0.0344	0.0419	0.0487	0.0546	0.0597	0.0639
	10°	0.0470	0.0547	0.0609	0.0664	0.0704	0.0737
	20°	0.0615	0.0679	0.0733	0.0779	0.0813	0.0838
	30°	0.0759	0.0817	0.0865	0.0902	0.0928	0.0943
900	0°	0.0390	0.0475	0.0550	0.0619	0.0676	0.0724
	10°	0.0540	0.0619	0.0689	0.0749	0.0797	0.0834
	20°	0.0696	0.0768	0.0830	0.0881	0.0920	0.0948
	30°	0.0859	0.0924	0.0979	0.1023	0.1050	0.1067
1000	0°	0.0490	0.0596	0.0692	0.0777	0.0849	0.0908
	10°	0.0674	0.0777	0.0865	0.0939	0.0999	0.1046
	20°	0.0873	0.0964	0.1041	0.1105	0.1154	0.1188
	30°	0.1077	0.1159	0.1227	0.1280	0.1316	0.1337
1200	0°	0.0724	0.0880	0.1020	0.1147	0.1253	0.1340
	10°	0.1000	0.1146	0.1275	0.1384	0.1470	0.1540
	20°	0.1290	0.1420	0.1534	0.1628	0.1700	0.1751
	30°	0.1587	0.1708	0.1808	0.1885	0.1939	0.1976

- e. Rozamiento en los rolos o tambores , motrices, tensores, de reenvío, etc.
- f. Fuerza necesaria para el doblado y enderizado de la cinta al entrar y salir del rolo.

El esfuerzo total por ambos efectos para todo el transportador, será la sumatoria de los esfuerzos para todos los rolos (motrices, tensores , etc.) de manera que para z rolos.

$$F_{1R} = \sum_{j=1}^z F_{1Rj}$$

La resistencia en un rolo genérico j, será para montaje sobre rodamientos:

$$F_{1Rj} = 0,03 \text{ a } 0,05 R_j$$

R_j es la carga resultante sobre los rodamientos del rolo en cuestión, suma de la tensión de entrada \bar{t}_{ej} , la tensión de salida \bar{t}_{sj} y el peso propio \bar{G}_j .

$$\bar{R}_j = \bar{t}_{ej} + \bar{t}_{sj} + \bar{G}_j$$

Resistencia total F_1 : podemos ahora determinar

$$F_1 = F_{1r} + F_{1R}$$

2. Resistencia por pendiente F_2

Si

$$q_m = \frac{Q}{3,6 v}$$

es el peso de material por metro de transportador, será:

$$F_2 = \pm q_m \cdot H$$

3. Resistencia por dispositivos de descarga F_3

La fuerza de accionamiento de un carro de vertido es

$$F_3 = K \cdot B$$

$$K = 1,2 \text{ a } 1,7 \text{ (Kg/cm)}$$

B = ancho de la banda en cm.

4. Resistencia por aceleración en zona de carga F_4

Es la resistencia por roce del material contra la cinta, el que desliza hasta que se igualan las velocidades.

$$F_4 = \frac{Q}{3,6 \cdot g} (v - v_0)$$

$\frac{Q}{3,6}$ son los kilogramos por segundo transportados

$g = 9,80 \text{ m/s}^2$ aceleración de la gravedad

v = velocidad de la cinta en m/seg.

v_0 = componente de la velocidad de ingreso del material sobre la cinta en dirección longitudinal m/seg.

5. Resistencia por roce del material contra los faldones de goma en la zona de carga F₅.

$$F_5 = 0,00015 \frac{f_2 \cdot Q^2 \cdot l_a}{\gamma b_1^2 \cdot (v + v_o)^2}$$

Donde:

l_a = longitud de aceleración en m.

b_1 = ancho entre faldones en m.

El valor de l_a es:

$$l_a \geq \frac{v^2 - v_o^2}{2g}$$

6. Resistencia por convergencia de rodillos F₆

Para $20^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$ es:

$$F_6 = 0,14 \cdot L \cdot (q_c + q_m) \cdot \text{sen } \epsilon$$

Para $\beta = 45^\circ$ es

$$F_6 = 0,18 \cdot L \cdot (q_c + q_m) \cdot \text{sen } \epsilon$$

7. Resistencia por roce del material contra laterales de protección o faldones F₇

$$F_7 = 77 \times 10^{-6} \frac{f_2 \cdot Q^2 \cdot L_L}{\gamma \cdot v^2 \cdot b_i^2}$$

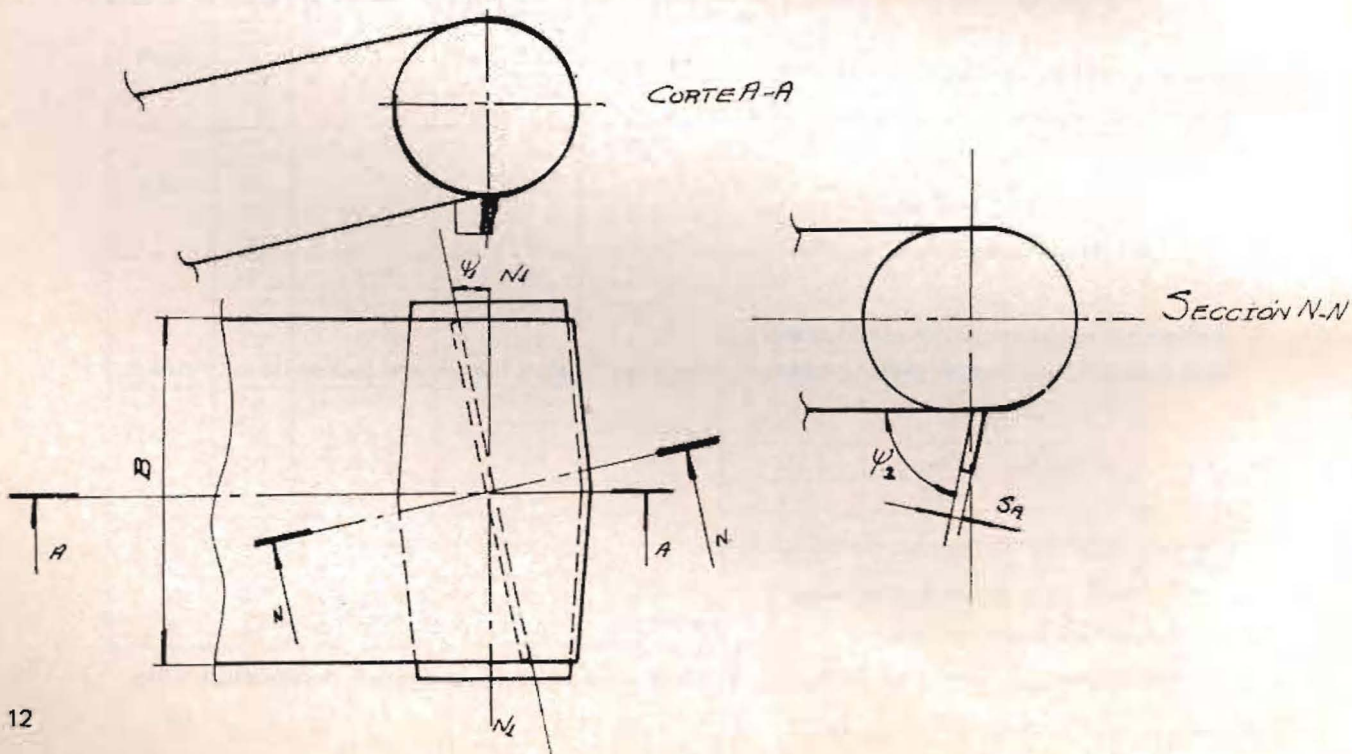
L_L = longitud de laterales en m.

b_i = ancho entre laterales en m.

Los valores corrientes de f_2 están entre 0,5 y 0,7

8. Resistencia por rascadores F_g

En los tipos a labio de goma, el caso más general se da cuando el rascador es oblicuo con respecto a una normal al eje de la cinta (ángulo ψ_1) y forma con el plano de la banda un ángulo ψ_2



En ese caso:

$$F_8 = \frac{B \cdot S_R \cdot p \cdot f_3}{\cos \psi_1 \cdot \sin \psi_2}$$

p = presión entre rascador y banda Kg/cm²

S_R = espesor del rascador en cm.

B = ancho de la banda en cm.

La presión p está comprendida entre 0,3 y 1 Kg/cm²

9. Resistencia por rozamiento entre cintas y laterales F₉

$$F_9 = 2 \cdot f_2 \cdot p_9 \cdot S_L \cdot L_L$$

p_9 = presión entre laterales y cinta Kg/cm².

S_L = espesor de laterales en cm.

L_L = longitud de laterales en cm.

p_9 normalmente alrededor de 0,05 Kg/cm²

10. Resistencias especiales F₁₀

Incluye resistencias que no aparecen normalmente en los transportadores, tales como resistencias por compuertas para graduar altura del estrato, mando de elementos auxiliares (alimentadores, cepillos de limpieza, etc.) desde la misma cinta, etc.

Resistencia total F_t

La fuerza de tracción resultante

$$F_t = \sum_{i=1}^{10} F_i$$